

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 6 月 9 日
Date of Application:

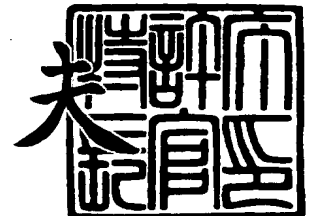
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 6 4 2 8 5
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 6 4 2 8 5]

出 願 人 古河電気工業株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 A20534

【提出日】 平成15年 6月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/24
G02B 26/02
G02F 1/01

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 寺田 淳

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 八木 健

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【パリ条約による優先権等の主張】

【国名】 アメリカ合衆国

【出願日】 2002年 7月26日

【出願番号】 60/398, 569

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-263227

【出願日】 平成14年 9月 9日

【手数料の表示】**【予納台帳番号】** 036711**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0103421**【その他】** 優先権証明書は基礎出願時に提出のものを援用する。**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散補償モジュールおよびこれを用いた光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 伝送用光ファイバに累積される信号波長帯の分散および分散スロープを補償する少なくとも 2 本の分散補償ファイバを有する分散補償モジュールであって、

分散値 D_1 [ps/nm/km] および分散スロープ S_1 [$\text{ps/nm}^2/\text{km}$] を有する第 1 の分散補償ファイバと、

前記第 1 の分散補償ファイバが有する分散値 D_1 および分散スロープ S_1 とそれぞれ異なる分散値 D_2 [ps/nm/km] および分散スロープ S_2 [$\text{ps/nm}^2/\text{km}$] を有する第 2 の分散補償ファイバと、

前記第 1 の分散補償ファイバおよび前記第 2 の分散補償ファイバを直列に接続する接続手段と、

を備えたことを特徴とする分散補償モジュール。

【請求項 2】 少なくとも前記第 1 の分散補償ファイバおよび前記第 2 の分散補償ファイバは、1 体のボビンに巻き付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の分散補償モジュール。

【請求項 3】 少なくとも前記第 1 の分散補償ファイバおよび前記第 2 の分散補償ファイバを 1 体のボビンに巻き付ける場合、所定の信号波長帯の最も長波長における曲げ損失が小さい分散補償ファイバから順次巻き付けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の分散補償モジュール。

【請求項 4】 前記接続手段は、融着接続されていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 5】 前記接続手段は、保護手段によって被覆されていることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 6】 前記保護手段は、UV 硬化樹脂であることを特徴とする請求項 5 に記載の分散補償モジュール。

【請求項 7】 信号波長帯域の中心波長における当該分散補償モジュール全体の分散値を D_t [ps/nm/km] とした場合、 $D_t \leq -20$ の条件を満足す

ることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 8】 信号波長帯域の中心波長における当該分散補償モジュール全体の分散スロープを S_t [$\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$] とし、前記伝送用光ファイバの分散値および分散スロープをそれぞれ D_0 [$\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$]、 S_0 [$\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$] とした場合、 $0.9 \times (D_0/S_0) \leq D_t/S_t \leq 1.1 \times (D_0/S_0)$ の関係が成立することを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 9】 前記第 1 の分散補償ファイバまたは前記第 2 の分散補償ファイバの少なくとも一方は、負の分散値および負の分散スロープを有することを特徴とする請求項 1～8 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 10】 前記第 1 の分散補償ファイバおよび前記第 2 の分散補償ファイバは、波長に対する分散スロープの変化が上に凸である光ファイバと、波長に対する分散スロープの変化が下に凸である光ファイバとの組み合わせになっていることを特徴とする請求項 1～9 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 11】 前記第 1 の分散補償ファイバの分散値 D_1 および分散スロープ S_1 、ならびに前記第 2 の分散補償ファイバの分散値 D_2 および分散スロープ S_2 は全て負の値であり、また、前記第 1 の分散補償ファイバにおける分散値および分散スロープの比 D_1/S_1 、前記第 2 の分散補償ファイバの分散値および分散スロープの比 D_2/S_2 、ならびに、前記伝送用光ファイバの分散値および分散スロープの比 D_0/S_0 の間には、 $0.8 \times (D_0/S_0) \leq D_1/S_1 < D_0/S_0$ 、かつ、 $D_0/S_0 < D_2/S_2 \leq 1.2 \times (D_0/S_0)$ の関係が成立することを特徴とする請求項 1～10 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 12】 当該分散補償モジュールが接続された後段の前記伝送用光ファイバの残留分散値の絶対値が $0.5 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、かつ、残留分散スロープの絶対値が $0.01 \text{ ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする請求項 1～11 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 13】 少なくとも 2 つの隣接した波長帯域において、当該分散補

償モジュールが接続された後段の前記伝送用光ファイバの残留分散値の絶対値が 0.5 ps/nm/km 以下であり、かつ、残留分散スロープの絶対値が $0.01 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする請求項 1～12 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 14】 前記第 1 の分散補償ファイバまたは前記第 2 の分散補償ファイバの少なくとも一方がラマン増幅媒体として機能することを特徴とする請求項 1～13 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 15】 前記信号波長帯域が、Cバンド（ $1530 \text{ nm} \sim 1565 \text{ nm}$ ）、Lバンド（ $1565 \text{ nm} \sim 1625 \text{ nm}$ ）、またはSバンド（ $1460 \text{ nm} \sim 1530 \text{ nm}$ ）から選択された任意の信号波長帯域であることを特徴とする請求項 1～14 のいずれか一つに記載の分散補償モジュール。

【請求項 16】 少なくとも請求項 1～15 のいずれか一つに記載の分散補償モジュールを備えたことを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、波長分割多重伝送（WDM伝送）の伝送路として用いる光ファイバに接続することによって、WDM伝送路に累積される分散および分散スロープを補償する分散補償モジュールおよびこれを用いた光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、WDM伝送の伝送路に累積される分散および分散スロープを補償する分散補償モジュールは、たとえばCバンド（ $1530 \sim 1565 \text{ nm}$ ）、Lバンド（ $1565 \sim 1625 \text{ nm}$ ）、またはSバンド（ $1460 \text{ nm} \sim 1530 \text{ nm}$ ）等の特定の信号波長帯域に対して最適な分散補償特性を呈する一種類の分散補償ファイバによって構成されている。

【0003】

たとえば、 $1290 \text{ nm} \sim 1330 \text{ nm}$ の範囲の波長における低分散動作に対して最適化されている光ファイバの分散を補償するための分散補償モジュールは

、波長 1550 nm において -65.5 ps/nm/km の分散を呈する一種類の分散補償ファイバによって構成されている（たとえば、特許文献 1 参照。）。

【0004】

【特許文献 1】

特開平 6-11620 号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、伝送速度の高速化が進む WDM 伝送において、一種類の分散補償ファイバによって構成された分散補償モジュールを用いて伝送路に累積される分散および分散スロープを補償する場合、残留波長分散のばらつきが大きく、高速化 WDM 伝送の伝送路として許容可能な残留波長分散の範囲、すなわち分散トレランスを超える場合が生じるという問題点がある。なお、この分散トレランスを超える残留波長分散のばらつきは、WDM 伝送における光波形劣化を引き起こし、延いては符号間干渉による誤動作を引き起こす原因であり、かつ、WDM 伝送における伝送速度の高速化を制限する原因である。

【0006】

さらに、C バンドおよび L バンドなどの複数の波長帯を使用する WDM 伝送において、その伝送路に累積される分散を補償する場合、一種類の分散補償ファイバによって構成された分散補償モジュールを用い、すべての波長帯を同時に補償することは困難である。このため、信号光を各波長帯域に分離した後、それぞれの波長帯域の信号光に対して個別に補償しなければならず、WDM 伝送を行う光伝送システムの構成が複雑になるという問題点がある。

【0007】

なお、WDM 伝送の光増幅手段としてラマン増幅を用いた場合、C バンドおよび L バンドの両波長帯域の信号を同時に増幅することができる。このため、その光伝送システムを構成する上で極めて有利であるが、上述した分散補償の事情によって、この有利性が打ち消される場合が多い。したがって、C バンドおよび L バンドの両波長帯の信号を同時に補償できる分散補償ファイバによって構成された分散補償モジュールの実現が、切望されている。

【0008】

この発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたものであって、分散補償後の伝送路における残留波長分散のばらつきを抑制し、高速化されたWDM伝送における伝送路の分散補償を実現する分散補償モジュールを提供することを第1の目的とする。そして、複数の波長帯域での伝送に適した分散補償モジュールを提供するのが第2の目的である。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1の発明にかかる分散補償モジュールは、伝送用光ファイバに累積される信号波長帯の分散および分散スロープを補償する少なくとも2本の分散補償ファイバを有する分散補償モジュールであって、分散値 D_1 [ps/nm/km] および分散スロープ S_1 [$\text{ps/nm}^2/\text{km}$] を有する第1の分散補償ファイバと、前記第1の分散補償ファイバが有する分散値 D_1 および分散スロープ S_1 とそれぞれ異なる分散値 D_2 [ps/nm/km] および分散スロープ S_2 [$\text{ps/nm}^2/\text{km}$] を有する第2の分散補償ファイバと、前記第1の分散補償ファイバおよび前記第2の分散補償ファイバを直列に接続する接続手段と、を備えたことを特徴とする。

【0010】

この請求項1の発明によれば、WDM伝送の伝送路における累積分散および累積分散スロープを確実に補償し、かつ、分散補償後の伝送路に残留する波長分散の値のばらつきを抑制することによって高速化WDM伝送の伝送路に要求される波長分散の許容範囲を満足する分散補償モジュールを実現できる。

【0011】

また、請求項2の発明にかかる分散補償モジュールは、少なくとも前記第1の分散補償ファイバおよび前記第2の分散補償ファイバが、1体のボビンに巻き付けられていることを特徴とする。

【0012】

この請求項2の発明によれば、モジュール全体の規模を小型化することが可能であり、端局における収納性を向上した分散補償モジュールを実現できる。

【0013】

また、請求項3の発明にかかる分散補償モジュールは、少なくとも前記第1の分散補償ファイバおよび前記第2の分散補償ファイバを1体のボビンに巻き付ける場合、所定の信号波長帯の最も長波長における曲げ損失が小さい分散補償ファイバから順次巻き付けられていることを特徴とする。

【0014】

この請求項3の発明によれば、分散補償ファイバをボビンに巻き付けることによって生じる曲げ損失を最小限とし、分散補償モジュール全体としての光損失の増加を抑制することができる。

【0015】

また、請求項4の発明にかかる分散補償モジュールは、前記接続手段が融着接続されていることを特徴とする。

【0016】

この請求項4の発明によれば、分散補償ファイバ同士を接続することによって生じる接続損失を最小限とし、分散補償モジュール全体としての接続損失の増加を抑制することができる。

【0017】

また、請求項5の発明にかかる分散補償モジュールは、前記接続手段が保護手段によって被覆されていることを特徴とする。

【0018】

この請求項5の発明によれば、傷または湿気による強度劣化を防止し、かつ、モジュール化における取り扱いに対して十分な強度耐性を有する分散補償ファイバを実現できる。

【0019】

また、請求項6の発明にかかる分散補償モジュールは、前記保護手段がUV硬化樹脂であることを特徴とする。

【0020】

この請求項6の発明によれば、1体のボビンに巻き込まれる分散補償ファイバの構造を最適なものにすることができる。

【0021】

また、請求項7の発明にかかる分散補償モジュールは、信号波長帯域の中心波長における当該分散補償モジュール全体の分散値を D_t [$\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$] とした場合、 $D_t \leq -20$ の条件を満足することを特徴とする。

【0022】

この請求項7の発明によれば、所定の信号波長帯域における分散補償モジュールの分散値を最適値に設定している。

【0023】

また、請求項8の発明にかかる分散補償モジュールは、信号波長帯域の中心波長における当該分散補償モジュール全体の分散スロープを S_t [$\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$] とし、前記伝送用光ファイバの分散値および分散スロープをそれぞれ D_0 [$\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$]、 S_0 [$\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$] とした場合、 $0.9 \times (D_0/S_0) \leq D_t/S_t \leq 1.1 \times (D_0/S_0)$ の関係が成立することを特徴とする。

【0024】

この請求項8の発明によれば、所定の信号波長帯域における伝送用光ファイバおよび分散補償ファイバの組み合わせを最適なものに設定している。

【0025】

また、請求項9の発明にかかる分散補償モジュールは、前記第1の分散補償ファイバまたは前記第2の分散補償ファイバの少なくとも一方は、負の分散値および負の分散スロープを有することを特徴とする。

【0026】

この請求項9の発明によれば、分散補償モジュールを構成する分散補償ファイバの組み合わせを最適なものに設定している。

【0027】

また、請求項10の発明にかかる分散補償モジュールは、前記第1の分散補償ファイバおよび前記第2の分散補償ファイバが、波長に対する分散スロープの変化が上に凸である光ファイバと、波長に対する分散スロープの変化が下に凸である光ファイバとの組み合わせになっていることを特徴とする。

【0028】

この請求項10の発明によれば、分散補償モジュールを構成する分散補償ファイバの分散スロープの波長に対する変化を最適なものに設定している。

【0029】

また、請求項11の発明にかかる分散補償モジュールは、前記第1の分散補償ファイバの分散値D1および分散スロープS1、ならびに前記第2の分散補償ファイバの分散値D2および分散スロープS2は全て負の値であり、また、前記第1の分散補償ファイバにおける分散値および分散スロープの比 $D1/S1$ 、前記第2の分散補償ファイバの分散値および分散スロープの比 $D2/S2$ 、ならびに、前記伝送用光ファイバの分散値および分散スロープの比 $D0/S0$ の間には、 $0.8 \times (D0/S0) \leq D1/S1 < D0/S0$ 、かつ、 $D0/S0 < D2/S2 \leq 1.2 \times (D0/S0)$ の関係が成立することを特徴とする。

【0030】

この請求項11の発明によれば、直列に接続された2本の分散補償ファイバおよび伝送用光ファイバの組み合わせを最適なものに設定している。

【0031】

また、請求項12の発明にかかる分散補償モジュールは、当該分散補償モジュールが接続された後段の前記伝送用光ファイバの残留分散値の絶対値が 0.5 ps/nm/km 以下であり、かつ、残留分散スロープの絶対値が $0.01 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする。

【0032】

この請求項12の発明によれば、伝送用光ファイバの残留分散値および残留分散スロープの絶対値を可能な限り小さく抑え、高速化されたWDM伝送における伝送品質の劣化を抑制するモジュールとして適したものとしている。

【0033】

また、請求項13の発明にかかる分散補償モジュールは、当該分散補償モジュールが接続された後段の前記伝送用光ファイバの残留分散値の絶対値が、隣接する少なくとも2つの波長帯域で 0.5 ps/nm/km 以下であり、かつ、残留分散スロープの絶対値が $0.01 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とす

る。

【0034】

この請求項13の発明によれば、伝送用光ファイバの残留分散値および残留分散スロープの絶対値を隣接する少なくとも2つの波長帯域で、可能な限り小さく抑え、高速化されたWDM伝送における伝送品質の劣化を抑制するモジュールとして適したものとしている。

【0035】

また、請求項14の発明にかかる分散補償モジュールは、前記第1の分散補償ファイバまたは前記第2の分散補償ファイバの少なくとも一方がラマン増幅媒体として機能することを特徴とする。

【0036】

この請求項14の発明によれば、ラマン増幅媒体として新規に光ファイバを接続することなく、所定の信号波長帯域の光伝送におけるラマン増幅を確実に実行する分散補償モジュールを実現できる。

【0037】

また、請求項15の発明にかかる分散補償モジュールは、前記信号波長帯域が、Cバンド（1530nm～1565nm）、Lバンド（1565nm～1625nm）、またはSバンド（1460nm～1530nm）から選択された任意の信号波長帯域であることを特徴とする。

【0038】

この請求項15の発明によれば、Sバンド、Cバンド、およびLバンドに対して高速化WDM伝送に適した分散補償モジュールを実現できる。

【0039】

ここで、この発明で述べるS-バンド、C-バンド、およびL-バンドとは、ITU-T（国際電気通信連合）が定めた光波長帯域の定義に基づく帯域名である。

【0040】

また、請求項16の発明にかかる光伝送システムは、少なくとも請求項1～15のいずれか一つに記載の分散補償モジュールを備えたことを特徴とする。

【0041】

この請求項16の発明によれば、少なくとも請求項1～15のいずれか一つに記載の分散補償モジュールを使用することで、高速化WDM伝送に適した光伝送システムを実現できる。

【0042】**【発明の実施の形態】**

以下、図面を参照して、この発明の実施の形態である分散補償モジュールについて説明する。

【0043】**(実施の形態1)**

図1は、この発明の実施の形態1にかかる分散補償ファイバ10の全体構成例を示す模式図である。図1において、分散補償モジュール10は、分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12、ならびに、ボビン14およびボビン15、さらに接続部13によって構成されている。また、分散補償モジュール10の端部は、接続部16を介して伝送用光ファイバ18と直列にコネクタ接続されており、さらにもう一方の端部は、接続部17を介して伝送用光ファイバ18と直列にコネクタ接続されている。

【0044】

分散補償ファイバ11は、分散値 $D1$ [ps/nm/km] および分散スロープ $S1$ [$\text{ps/nm}^2/\text{km}$] を有しており、ボビン14に巻き付けられている。

【0045】

分散補償ファイバ12は、分散値 $D2$ [ps/nm/km] および分散スロープ $S2$ [$\text{ps/nm}^2/\text{km}$] を有しており、ボビン15に巻き付けられている。ここで、分散補償ファイバ12の分散値 $D2$ および分散スロープ $S2$ は、分散補償ファイバ11の分散値 $D1$ および分散スロープ $S1$ とそれぞれ異なる値であり、所定の信号波長帯域における最長波長において $D1/S1 \leq D2/S2$ の関係が成立する。

【0046】

つぎに、分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 を直列に融着接続する接続部 13 の構成について、図 2 を参照して詳細に説明する。図 2 は、接続部 13 の構成を示す縦断面図である。

【0047】

図 2 において、分散補償ファイバ 11 のガラス層 131 および分散補償ファイバ 12 のガラス層 132 は、接触面 C1 を境界に直接融着接続されている。ガラス層 131 の融着接続部付近以外は UV 硬化樹脂による被覆膜 133 によって保護され、また、ガラス層 132 の融着接続部付近以外は UV 硬化樹脂による被覆膜 134 によって保護されており、さらに、この融着接続部付近は UV 硬化樹脂による被覆膜 135 によって保護されている。また、被覆膜 133, 134 の外径は R1 であり、被覆膜 135 の外径は R2 である。

【0048】

なお、この発明の実施の形態 1 の変形例として、ボビン 14 およびボビン 15 を 1 体化した構造を有する分散補償モジュール 20 がある。分散補償モジュール 20 の構成について、図 3 を参照して詳細に説明する。

【0049】

図 3 は、分散補償モジュール 20 の全体構成例を示す模式図である。図 3 において、分散補償モジュール 20 は、分散補償ファイバ 11、分散補償ファイバ 12、および、ボビン 21、さらに接続部 13 によって構成されている。また、分散補償モジュール 20 の端部は、接続部 16 を介して伝送用光ファイバ 18 と直列にコネクタ接続されており、さらにもう一方の端部は、接続部 17 を介して伝送用光ファイバ 18 と直列にコネクタ接続されている。

【0050】

接続部 13 を介して直列に融着接続された分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 は、1 体のボビン 21 に巻き付けられている。なお、分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 がボビン 21 に巻き付けられる場合、分散補償ファイバ 11 における分散値 D1 の分散スロープ S1 に対する比 $D1/S1$ 、および、分散補償ファイバ 12 における分散値 D2 の分散スロープ S2 に対する比 $D2/S2$ を比較して大きい値を有する分散補償ファイバ 12 から順次巻

き付けられることが望ましい。

【0051】

また、図2に示した接続部13における被覆膜133、被覆膜134、および被覆膜135の材質は同一であることが望ましく、さらに被覆膜133および被覆膜134の外径R1、ならびに被覆膜135の外径R2の差は、可能な限り零に近いことが望ましい。

【0052】

つぎに、分散補償モジュール10による伝送用光ファイバ18における分散および分散スロープの補償について、図4～6を参照して詳細に説明する。

【0053】

図4は、伝送用光ファイバ18、分散補償ファイバ11、および分散補償ファイバ12が有する波長分散特性を示す波長対分散の相関図であり、相関曲線L1～L3は、それぞれ伝送用光ファイバ18、分散補償ファイバ11、および分散補償ファイバ12に対応している。ただし、相関曲線L2および相関曲線L3は、1460nm～1625nmの範囲の波長帯域における波長分散特性のみを図示する。

【0054】

また、図5は、分散補償ファイバ11による補償後の伝送用光ファイバ18の波長分散特性を示す波長対分散の相関図であり、1460nm～1625nmの範囲の波長帯域における波長分散特性のみを図示する。

【0055】

図5において、相関曲線L4は、分散補償ファイバ11による補償後の伝送用光ファイバ18の波長分散特性を示しており、その波長分散特性は、2本の破線で挟まれた幅 Δa の範囲のばらつきを有する。すなわち、分散補償ファイバ11のみを用いて伝送用光ファイバ18の分散および分散スロープを補償する場合、その補償後の伝送用光ファイバ18における波長分散特性は、ばらつき Δa を有する。

【0056】

また、図6は、分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12によって構

成された分散補償モジュール 10 による補償後の伝送用光ファイバ 18 の波長分散特性を示す波長対分散の相関図である。

【0057】

図 6 において、相関曲線 L5 は、分散補償ファイバ 12 による補償後の伝送用光ファイバ 18 の波長分散特性を示しており、その波長分散特性は、2 本の破線で挟まれた幅 Δb の範囲のばらつきを有する。すなわち、分散補償ファイバ 12 のみを用いて伝送用光ファイバ 18 の分散および分散スロープを補償する場合、その補償後の伝送用光ファイバ 18 における波長分散特性は、ばらつき Δb を有する。

【0058】

ただし、分散補償モジュール 10 を用いて伝送用光ファイバ 18 の分散および分散スロープを補償する場合、その補償後の伝送用光ファイバ 18 における波長分散特性を示す相関曲線は、相関曲線 L4 のばらつき Δa および相関曲線 L5 のばらつき Δb の交差する範囲をばらつきとする。すなわち、分散補償モジュール 10 による補償後の伝送用光ファイバ 18 における波長分散特性は、ばらつき Δc を有する。

【0059】

ここで、上述した波長分散特性のばらつき $\Delta a \sim \Delta c$ において、ばらつき Δa および、ばらつき Δb は近似の関係であり、また、ばらつき Δc は、ばらつき Δa あるいは、ばらつき Δb よりも小さい値である。したがって、分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 によって構成された分散補償モジュール 10 による伝送用光ファイバ 18 の分散および分散スロープを補償する能力は、分散補償ファイバ 11 のみ、または分散補償ファイバ 12 のみによって分散補償する場合と比較して、一層高性能化されている。

【0060】

なお、上述した分散補償モジュール 10 による伝送用光ファイバ 18 に対する分散補償能力は、分散補償モジュール 10 の変形例である分散補償モジュール 20 においても同様である。

【0061】

つぎに、分散補償モジュール 20 を用いた伝送用光ファイバ 18 の分散補償の具体例として、分散補償ファイバ 11, 12 および伝送用光ファイバ 18 の波長分散特性シミュレーションによる評価試験結果について詳細に説明する。なお、この波長分散特性シミュレーションにおいて、信号光の波長帯域は C バンド (1530 nm ~ 1565 nm) としている。

【0062】

この波長分散特性シミュレーションにおいて、伝送用光ファイバ 18 は、分散値 D0 および分散スロープ S0 を有し、波長 1550 nm における分散値 D0 および分散スロープ S0 は、それぞれ 5.0 ps/nm/km 、 $0.045 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ である。また、伝送用光ファイバ 18 の条長は、80.0 km である。この場合、伝送用光ファイバ 18 による全分散値および全分散スロープは、それぞれ 400 ps/nm 、 3.6 ps/nm^2 である。なお、分散値 D0 の分散スロープ S0 に対する比 $D0/S0$ は、111.1 になる。

【0063】

また、分散補償ファイバ 11 は、分散値 D1 および分散スロープ S1 を有し、波長 1550 nm における分散値 D1 および分散スロープ S1 は、それぞれ -95.0 ps/nm/km 、 $-1.00 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ である。また、分散補償ファイバ 11 の条長は、3.6 km である。この場合、分散補償ファイバ 11 による全分散値および全分散スロープは、それぞれ -342 ps/nm 、 -3.6 ps/nm^2 である。なお、分散値 D1 の分散スロープ S1 に対する比 $D1/S1$ は、95.0 になる。

【0064】

さらに、分散補償ファイバ 12 は、分散値 D2 および分散スロープ S2 を有し、波長 1550 nm における分散値 D2 および分散スロープ S2 は、それぞれ -120 ps/nm/km 、 $-0.90 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ である。また、分散補償ファイバ 12 の条長は、0.6 km である。この場合、分散補償ファイバ 12 による全分散値および全分散スロープは、それぞれ -72 ps/nm 、 -0.54 ps/nm^2 である。なお、分散値 D2 の分散スロープ S2 に対する比 $D2/S2$ は、133.3 になる。

【0065】

ここで、分散補償ファイバ11, 12を直列に接続した構成を有する分散補償モジュール20による伝送用光ファイバ18の分散補償の評価結果を表1に示す。なお、表1には、この評価試験に用いた伝送用光ファイバ18および分散補償ファイバ11, 12の特性、ならびに分散補償ファイバ11, 12を直列に接続した状態での特性も示す。

【0066】

【表1】

	条件 [km]	分散 [ps/nm/km]	分散スロープ [ps/nm ² /km]	全分散 [ps/nm]	全分散スロープ [ps/nm ²]
分散補償ファイバ11	3.6	-95	-1.0	-342	-3.6
分散補償ファイバ12	0.6	-120	-0.90	-72	-0.54
分散補償モジュール10	4.2	-98.6	-0.986	-414	-4.14
伝送用光ファイバ18	80	5.0	0.045	400	3.6
評価試験結果	80	-0.175	-0.0675	-14	-0.54

【0067】

なお、分散補償ファイバ11, 12は、モジュールとして局舎内に設置されるため、伝送路としては寄与しない。したがって、全分散値および全分散スロープを算出する場合、分散補償ファイバ11, 12の長さは、伝送路長として考慮していない。

【0068】

表1に示すように、分散補償ファイバ11, 12を備えた分散補償モジュール20を用いて、伝送用光ファイバ18に累積される分散および分散スロープを補償すれば、波長1550nmにおける伝送用光ファイバ18の分散および分散スロープをそれぞれ -0.175 ps/nm/km 、 $-0.0068 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ に抑制可能である。

【0069】

また、上述した波長分散特性シミュレーションにおいて、伝送用光ファイバ1

8の比 D_0/S_0 、分散補償ファイバ11の比 D_1/S_1 、および分散補償ファイバ12の比 D_2/S_2 は、 $0.8 \times (D_0/S_0) \leq D_1/S_1 < D_0/S_0$ および $D_0/S_0 < D_2/S_2 \leq 1.2 \times (D_0/S_0)$ を満足しており、この場合の分散補償ファイバ11、12は、伝送用光ファイバ18の分散補償を行うファイバとして適した組み合わせになることがわかる。

【0070】

さらに、伝送用光ファイバ18の分散補償に適した組み合わせの分散補償ファイバ11、12を有する分散補償モジュール20は、その分散値 D_t [ps/nm/km] および分散スロープ S_t [$\text{ps/nm}^2/\text{km}$] が、 $D_t \leq -20$ および $0.9 \times (D_0/S_0) \leq D_t/S_t \leq 1.1 \times (D_0/S_0)$ の関係を満足することがわかる。

【0071】

ただし、分散補償モジュール20を構成する分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12は、曲げ損失増加の抑制を考慮し、波長1565nmにおける曲げ損失が比較的小さい分散補償ファイバ12から順次ボビン21に巻き付けられていることが望ましい。

【0072】

なお、伝送用光ファイバ18の具体的な適用例としては、1.3 μm 零分散シングルモードファイバ、1.5 μm 分散シフトシングルモードファイバ、または、1.5 μm 非零分散シングルモードファイバが考えられる。

【0073】

上述してきたように、この発明の実施の形態1である分散補償モジュール10は、伝送用光ファイバ18に対して最適化された分散および分散スロープを有する2種類の分散補償ファイバ11および分散補償ファイバ12が直列に融着接続された構造を有することによって、Sバンド、Cバンド、およびLバンドに亘る1460nm～1625nmの全波長帯域におけるWDM伝送の伝送路に累積される分散および分散スロープを確実に補償することができ、さらに、補償後の伝送路における残留波長分散のばらつきを抑制することができる。

【0074】

すなわち、分散補償モジュール 10 を用いて分散補償した光ファイバを伝送路とすることによって、伝送速度が高速化された WDM 伝送を高品質で実現することができる。

【0075】

また、分散補償モジュール 10 の変形例である分散補償モジュール 20 は、伝送用光ファイバ 18 に対して最適化された分散および分散スロープを有する 2 種類の分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 が直列に融着接続された構造を有しているため、分散補償モジュール 10 の場合と同様な高性能の分散補償能力を実現することができ、さらに、2 種類の分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 が 1 体のボビン 21 に巻き付けられた構造を有しているため、その装置規模を一層小型化することができる。

【0076】

また、分散補償モジュール 20 を構成する分散補償ファイバ 11 および分散補償ファイバ 12 を 1 体のボビン 21 に巻き付ける場合、所定の信号波長帯域の最長波長において比較的小さい曲げ損失を有する分散補償ファイバから順次ボビン 21 に巻き付けることによって、分散補償モジュール全体の曲げ損失の増加を抑制することができる。

【0077】

さらに、この発明の実施の形態 1 では、信号波長帯域が C バンドである WDM 伝送用光ファイバに対して最適な分散補償能力を有する分散補償モジュールの場合を示したが、この発明は、これに限定されるものではなく、信号波長帯域が S バンドあるいは L バンドである WDM 伝送用光ファイバに対して最適な分散補償能力を有する分散補償モジュールに適用することもできる。

【0078】

(実施の形態 2)

上述した実施の形態 1 では、伝送用光ファイバに対して最適化された分散値および分散スロープを有する 2 種類の分散補償ファイバ同士が直列に融着接続され、この伝送用光ファイバに累積される分散および分散スロープを補償するとともに、その補償後の残留波長分散のばらつきを抑制するように構成された分散補償

モジュールについて説明したが、この実施の形態2では、波長分散特性の異なる2種類の分散補償ファイバ同士を所定の条長比で直列に融着接続した構成を有し、1530～1625 nmの波長範囲におけるWDM伝送の伝送用光ファイバの補償後の残留分散を $-0.3 \sim 0.3 \text{ ps/nm/km}$ の範囲に収めるようにしている。ここでは、伝送用光ファイバ18は、1290～1330 nmの範囲の波長における低分散動作に対して最適化されている光ファイバである。

【0079】

図7は、この発明の実施の形態2である分散補償モジュール30の構成を示す模式図である。ただし、分散補償ファイバを巻き付けるボビン、各ファイバ同士を接続する接続部、および伝送用光ファイバは、図3に示す分散補償モジュール20を構成する各部と同様の機能を有するので、同一符号を付するものとする。

【0080】

図7において、分散補償モジュール30は、分散値D3および分散スロープS3を有する分散補償ファイバ31と、分散値D4および分散スロープS4を有する分散補償ファイバ32とが、接続部13を介して直列に融着接続された後、ボビン21に巻き付けられた構成を有している。また、分散補償ファイバ32は、接続部17を介して、伝送用光ファイバ18と直列にコネクタ接続され、さらに、光ファイバ31は、接続部16を介して、後段の伝送用光ファイバ18と直列にコネクタ接続されている。

【0081】

なお、所定の波長帯域の最長波長において、分散補償ファイバ32の曲げ損失が、分散補償ファイバ31の曲げ損失に比して小さい、すなわち、分散値D4の分散スロープS4に対する比 $D4/S4$ が、分散値D3の分散スロープS3に対する比 $D3/S3$ に比して大きい値である場合、接続部13を介して直列に融着接続された分散補償ファイバ31および分散補償ファイバ32は、分散補償ファイバ32から順次ボビン21に巻き付けられることが望ましい。

【0082】

つぎに、分散補償モジュール30による伝送用光ファイバ18における分散および分散スロープの補償について、具体的な数値を例示して詳細に説明する。図

8は、1530～1625 nmの波長範囲において、分散補償ファイバ31、分散補償ファイバ32、および分散補償モジュール30がそれぞれ有する分散値の波長特性を示す図であり、曲線L6a～L8aは、分散補償ファイバ31、分散補償ファイバ32、および分散補償モジュール30にそれぞれ対応している。

【0083】

図8において、分散補償ファイバ31および分散補償ファイバ32は、1530～1625 nmの波長範囲において、それぞれの分散値D3および分散値D4が、常に -100 ps/nm/km 以下である光ファイバであり、さらに、1530～1625 nmの波長範囲内の任意の波長における各分散値を比較した場合、分散値D3は、分散値D4に比して常に低い値である。

【0084】

分散補償モジュール30は、各条長の比を3：7に調整された分散補償ファイバ31および分散補償ファイバ32が、直列に接続された構成を有する場合、1530～1625 nmの波長範囲において、常に -100 ps/nm/km 以下の分散値D_tを有し、さらに、この分散値D_tは、1530～1625 nmの波長範囲の任意の波長において、分散値D3以上、分散値D4以下の値を呈する。

【0085】

図9は、上述した分散補償ファイバ31、分散補償ファイバ32、および分散補償モジュール30が、伝送用光ファイバ18に対して各々単独に接続され、その分散を補償した場合、後段の伝送用光ファイバ18における1530～1625 nmの波長範囲内での残留分散の波長特性を示す図であり、曲線L6b～L8bは、分散補償ファイバ31、分散補償ファイバ32、および分散補償モジュール30にそれぞれ対応している。

【0086】

分散補償ファイバ31、32は、それぞれ単独で伝送用光ファイバ18に接続した場合、波長1550 nmおよび1595 nmにおける後段の伝送用光ファイバ18の残留分散を 0 ps/nm/km にそれぞれ補償するように、各条長が調整されている。また、分散補償モジュール30は、波長1550 nmにおける後段の伝送用光ファイバ18の残留分散を 0 ps/nm/km にそれぞれ補償する

ように、条長が調整されている。

【0087】

図10は、分散補償ファイバ31、分散補償ファイバ32、分散補償モジュール30、および伝送用光ファイバ18がそれぞれ有する分散スロープの波長に対する関係を示す図であり、曲線L6c～L8cは、分散補償ファイバ31、分散補償ファイバ32、および分散補償モジュール30に対応し、曲線L9は、伝送用光ファイバ18に対応している。

【0088】

1530～1625 nmの波長範囲において、伝送用光ファイバ18の分散スロープの絶対値は、信号光の波長が長波長側に移行する場合、小さくなる傾向がある。したがって、上記波長範囲における高速WDM伝送用の伝送路として伝送用光ファイバ18を適用するためには、分散補償モジュール30の分散スロープの絶対値が、伝送用光ファイバ18と同様の減少傾向を示す必要がある。つまり、分散補償モジュール30の分散スロープの波長に対する増減関係は、伝送用光ファイバ18の分散スロープの波長に対する増減関係を打ち消すものであることが望ましい。

【0089】

図10において、曲線L9は、波長が1530～1625 nmの波長範囲で長波長側に移行する場合、 $0 \sim 0.1 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ の範囲内に収まり、また、ほぼ直線的かつ緩やかに減少している。これに対して、曲線L6cは、波長が1530 nmから長波長側に移行するとともに減少し、その後、波長1570 nm付近を境界として波長1625 nmまで増加する傾向（波長に対して下に凸の変化）を示し、曲線L7cは、波長が1530 nmから長波長側に移行するとともに増加し、その後、波長1580 nm付近を境界として波長1625 nmまで減少する傾向（波長に対して上に凸の変化）を示している。すなわち、曲線L6cおよび曲線L7cは、曲線L9に比して、1530～1625 nmの波長範囲における分散スロープの変化量が大きく、さらに、それらの各曲線形状は、曲線L9の波長に対する分散スロープの増減変化を打ち消すものではない。したがって、分散補償ファイバ31または分散補償ファイバ32のどちらか一方のみでは

、上述した高速WDM伝送の伝送路として用いられる伝送用光ファイバ18の分散スロープを十分補償することはできない。

【0090】

一方、曲線L8cは、曲線L6cおよび曲線L7cを相互に打ち消しあった曲線形状を有しており、波長が1530～1625nmの波長範囲内で長波長側に移行する場合、緩やかに増加する傾向を示している。すなわち、曲線L8cは、曲線L9に比して、1530～1625nmの波長範囲における分散スロープの変化量が同等であり、かつ、その曲線形状は、曲線L9の波長に対する分散スロープの増減変化を打ち消すものである。したがって、分散補償モジュール30は、実施の形態1で示したものに比べて残留する分散をより小さくでき、上述した高速WDM伝送の伝送路として用いられる伝送用光ファイバ18の分散スロープを十分補償することができる。

【0091】

また、分散補償ファイバ31および分散補償ファイバ32を1体のボビン21に巻き付ける場合、所定の波長帯域の最長波長において比較的小さい曲げ損失を有する分散補償ファイバ32から順次ボビン21に巻き付けるようにしたので、分散補償モジュール30全体の曲げ損失の増加を抑制することができ、さらに、高速WDM伝送の伝送路を補償する分散補償モジュールを一層小型化することができる。

【0092】

さらに、この発明の実施の形態2では、信号波長帯域がCバンドおよびLバンドであるWDM伝送用光ファイバに対して最適な分散補償能力を有する分散補償モジュールの場合を示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、信号波長帯域がSバンドおよびCバンドであるWDM伝送用光ファイバなど、隣接した2つ以上の波長帯に対して最適な分散補償能力を有する分散補償モジュールに適用することもできる。

【0093】

なお、これらの発明の実施の形態では、異なる分散および分散スロープを有する2種類の分散補償ファイバが直列に接続された構造を有する分散補償モジュール

ルの場合を示したが、これらの発明はこれに限定されるものではなく、それぞれ異なる分散および分散スロープを有する3種類以上の分散補償ファイバが直列に接続された構造を有する分散補償モジュールに適用することもできる。

【0094】

特に、実施の形態2では、異なる分散および分散スロープを有する2種類の分散補償ファイバが直列に接続された構造を示した。しかし、これらの2本の分散補償ファイバは、それぞれ単一の分散補償ファイバからなる場合に限定されるものではなく、複数本の分散補償ファイバが直列に接続されている分散補償モジュールで構成することも可能である。

【0095】

また、これらの発明の実施の形態では、分散補償モジュールを構成する分散補償ファイバ同士が直接融着接続されている場合を示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、分散補償ファイバ同士がシングルモードファイバまたは分散シフトファイバを中間ファイバとして介在させて融着接続されている分散補償モジュール、あるいは分散補償ファイバ同士がコネクタを介して接続されている分散補償モジュールに適用することもできる。

【0096】

さらに、これらの発明の実施の形態では、分散補償ファイバと伝送用光ファイバとがコネクタ接続されている分散補償モジュールの場合を示したが、これらの発明はこれに限定されるものではなく、分散補償ファイバと伝送用光ファイバとがシングルモードファイバまたは分散シフトファイバを中間ファイバとして介在させて融着接続されている分散補償モジュール、あるいは分散補償ファイバと伝送用光ファイバとが直接融着接続されている分散補償モジュールに適用することもできる。

【0097】

また、これらの発明の実施の形態では、分散補償ファイバがガラス層によって構成されている分散補償モジュールの場合を示したが、これらの発明はこれに限定されるものではなく、プラスチック層によって構成された分散補償ファイバを有する分散補償モジュールに適用することもできる。

【0098】

また、これらの発明の実施の形態では、分散補償ファイバ同士を融着接続する部分における保護手段がUV硬化樹脂である分散補償モジュールの場合を示したが、これらの発明はこれに限定されるものではなく、分散補償ファイバ同士を融着接続する部分における保護手段として熱収縮チューブあるいはスリーブを用いた分散補償モジュールに適用することもできる。

【0099】**(実施の形態3)**

つぎに、この発明の実施の形態3である光伝送システムの好適な実施の形態を詳細に説明する。図11は、この発明の実施の形態3である光伝送システムの概略構成を示すブロック図である。なお、光伝送システム100を構成する伝送用光ファイバおよび分散補償モジュールは、上述した実施の形態1と同じであり、同一符号を付している。

【0100】

図11において、光伝送システム100は、送信機111を備えた送信局110と、受信機123を備えた受信局120とを有し、送信局111および受信局120の間の伝送路として、伝送用光ファイバ18を有する。また、受信局120は、ラマン増幅器121と、分散補償システム122とを有している。

【0101】

送信機111は、1460nm～1625nmの波長範囲から任意に選択された波長を有する複数の信号光を合波した後、この合波した信号光を受信局120に向けて送信する。この場合、送信された信号光は、伝送用光ファイバ18を通して、受信局120に伝送される。

【0102】

つぎに、受信局120に伝送された信号光は、ラマン増幅器121によって増幅される。この場合、ラマン増幅器121は、ラマン散乱光を発生させる励起光源、増幅用光ファイバ、光カップラを備えており、誘導ラマン散乱光によって、入力信号光を増幅する。その後、ラマン増幅器121によって増幅された信号光は、分散補償システム122に伝送される。

【0103】

ここで、分散補償システム122は、分散補償モジュール10と励起光源122aと光カップラ122bとを有している。この場合、分散補償モジュール10は、分散補償システム122に伝送された信号光の分散および分散スロープを補償し、その後、この信号光は、ラマン増幅の媒体として機能する分散補償ファイバ11、12、励起光源122a、および光カップラ122bによって、増幅される。

【0104】

その後、上述した分散補償システム122による補償および増幅がなされた信号光は、受信機123に伝送される。受信機123は、この信号光を波長毎に分波し、受信する。

【0105】

なお、分散補償システム122において、分散補償モジュール10の代わりに、分散補償モジュール20または分散補償モジュール30を用いてもよい。

【0106】

以上に説明したように、この発明の実施の形態3である光伝送システム100は、1460nm～1625nmの範囲から任意に選択された波長の信号光が、伝送用光ファイバ18を通して伝送され、また、この信号光の分散および分散スロープが、伝送用光ファイバ18に対して最適化された分散補償モジュール10によって、補償されるようにし、さらに、ラマン増幅媒体として機能する分散補償ファイバ11、12によって、この信号光を増幅し、その後、受信機123が、この信号光を受信するようにしたので、Sバンド、Cバンド、Lバンドに亘る1460～1625nmの波長範囲から任意に選択された波長の信号光を用いたWDM伝送における残留分散のばらつきを抑制することができ、これによって、高速WDM伝送に適した光伝送システムを実現できる。

【0107】

また、上述した分散補償システム122における分散補償モジュール10が、分散補償モジュール20に置き換えられた場合、上述した性能を劣化させることなく、一層小型化された光伝送システムを実現できる。

【0108】**【発明の効果】**

以上説明したように、この発明によれば、異なる波長分散特性を有する2種類以上の分散補償ファイバによって構成される分散補償モジュールにおいて、波長分散特性の組み合わせが伝送用光ファイバに対する分散補償能力を考慮して最適化され、かつ各分散補償ファイバ同士が直列に接続された構成を有するので、伝送用光ファイバに累積される分散および分散スロープを確実に補償し、かつ分散補償後の伝送用光ファイバにおける残留波長分散特性のばらつきを抑制可能である分散補償モジュールを実現できるという効果を奏する。

【0109】

さらに、この発明にかかる分散補償モジュールを1460nm～1625nmの範囲の所定の信号波長帯域におけるWDM伝送の伝送路に接続することによって、この伝送路に残留する波長分散特性のばらつきを抑制できるので、光パルスの符号間干渉による誤動を引き起こす要因である光波形劣化を抑制し、かつ、伝送速度が高速化されたWDM伝送を実現できるという効果を奏する。

【0110】

また、この発明にかかる分散補償モジュールを構成する2種類以上の分散補償ファイバが1体のボビンに巻き付けられることによって、その装置規模を一層小型化することができ、さらに、所定の信号波長帯域の最長波長において比較的小さい曲げ損失を有する分散補償ファイバから順次巻き付けられることによって、分散補償モジュール全体の曲げ損失の増加を抑制することができるという効果を奏する。

【0111】

さらに、この発明にかかる分散補償モジュールを構成する2種類以上の分散補償ファイバの少なくとも1種類は、ラマン増幅媒体としての機能を有するので、1460nm～1625nmの全信号波長帯域のWDM伝送におけるラマン増幅を容易に実現できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

この発明の実施の形態 1 にかかる分散補償モジュールの全体構成を示す模式図である。

【図 2】

この発明の実施の形態 1 にかかる分散補償モジュールおよびその変形例における分散補償ファイバ同士の接続部の構成を示す縦断面図である。

【図 3】

この発明の実施の形態 1 にかかる分散補償モジュールの変形例の全体構成を示す模式図である。

【図 4】

この発明の実施の形態 1 にかかる分散補償モジュールを構成する第 1 の分散補償ファイバ、第 2 の分散補償ファイバ、および伝送用光ファイバの波長分散特性を示す相関図である。

【図 5】

この発明の実施の形態 1 にかかる分散補償モジュールを構成する第 1 の分散補償ファイバのみを用いて分散補償した後の伝送用光ファイバの波長分散特性および波長分散特性のばらつきを示す波長対分散の相関図である。

【図 6】

この発明の実施の形態 1 にかかる分散補償モジュールを用いて分散補償した後の伝送用光ファイバの波長分散特性および波長分散特性のばらつきを示す波長対分散の相関図である。

【図 7】

この発明の実施の形態 2 である分散補償モジュールの構成を示す模式図である。

【図 8】

この発明の実施の形態 2 である分散補償モジュールの波長分散特性を示す図である。

【図 9】

この発明の実施の形態 2 における補償後の伝送用光ファイバの波長分散特性を示す図である。

【図 10】

この発明の実施の形態 2 である分散補償モジュールと伝送用光ファイバおよび補償後の伝送用光ファイバとの波長分散特性の関係を示す図である。

【図 11】

この発明の実施の形態 3 である光伝送システムの概略構成を示すブロック図である。

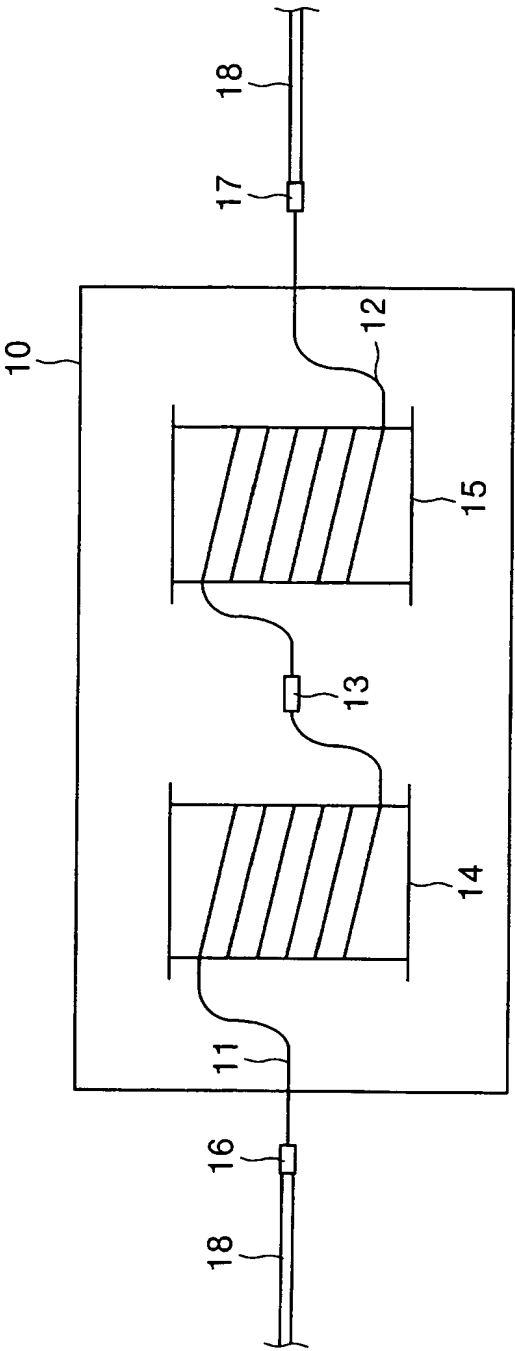
【符号の説明】

- 10, 20, 30 分散補償モジュール
- 11, 12, 31, 32 分散補償ファイバ
- 13, 16, 17 接続部
- 14, 15, 21 ボビン
- 18 伝送用光ファイバ
- 100 光伝送システム
- 110 送信局
- 111 送信機
- 120 受信局
- 121 ラマン増幅器
- 122 分散補償システム
- 122 a 励起光源
- 122 b 光カップラ
- 123 受信機
- 131, 132 ガラス層
- 133, 134, 135 被覆膜
- L1～L5, 相関曲線
- L6 a～L8 a, L6 b～L8 b, L6 c～L8 c, L9 曲線

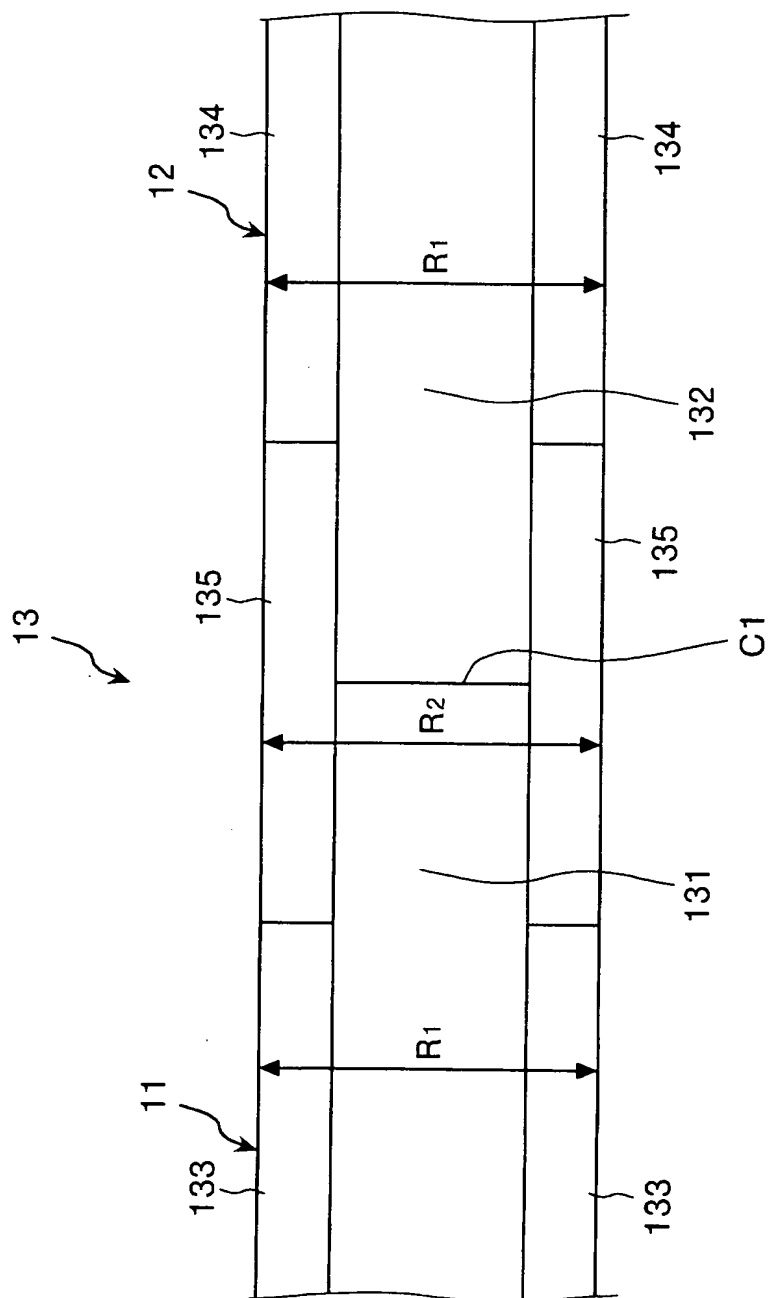
【書類名】

図面

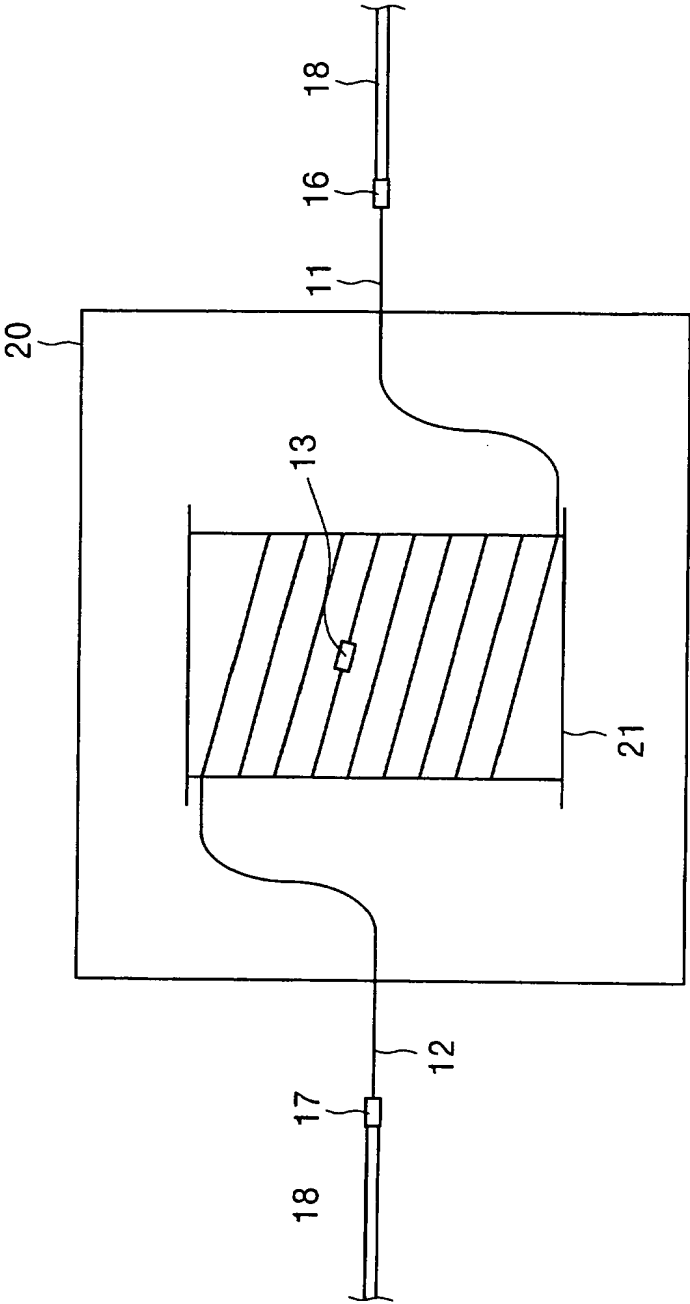
【図 1】



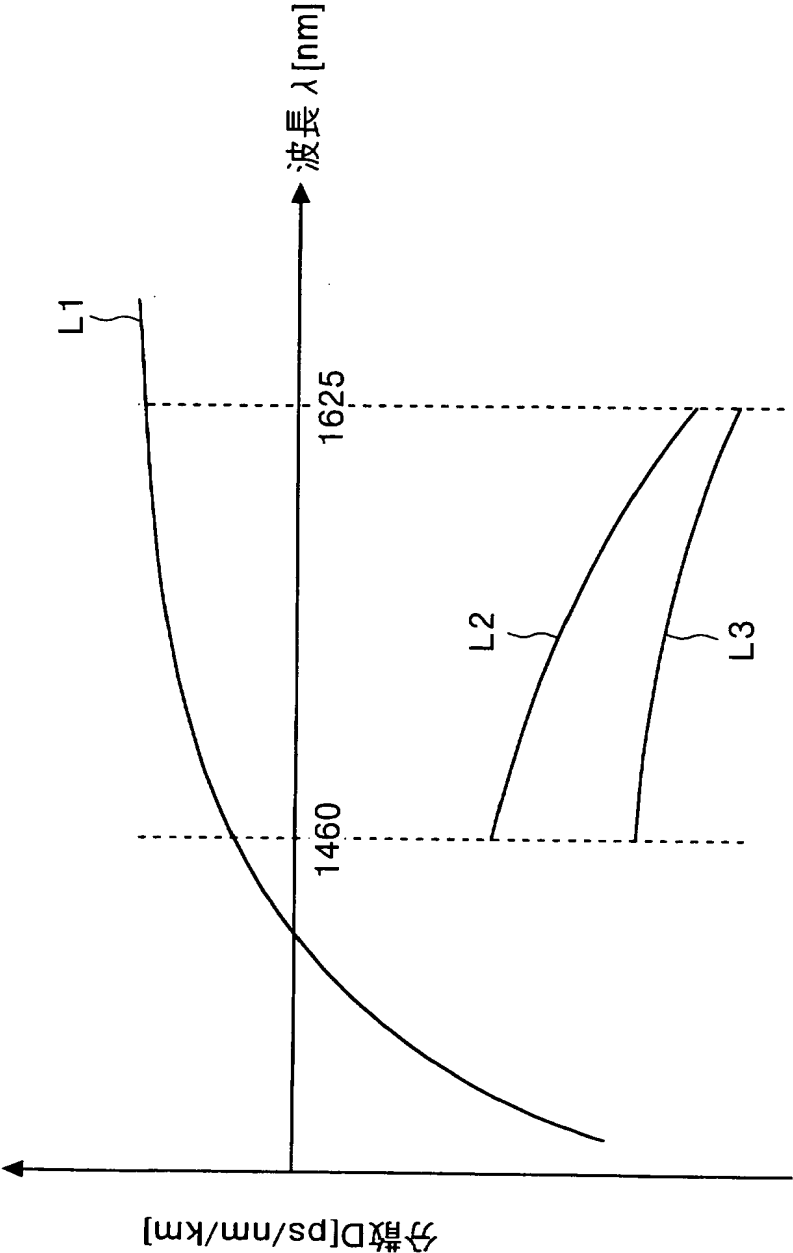
【図 2】



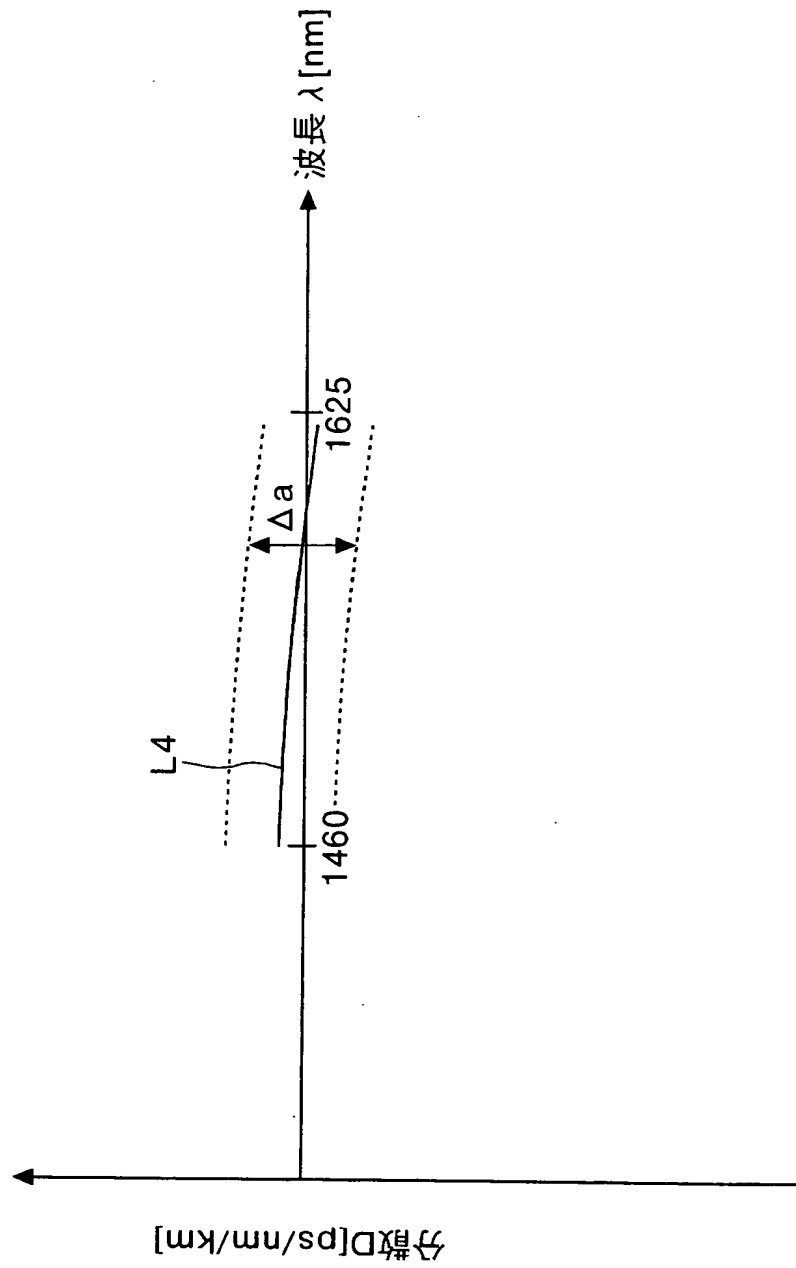
【図 3】



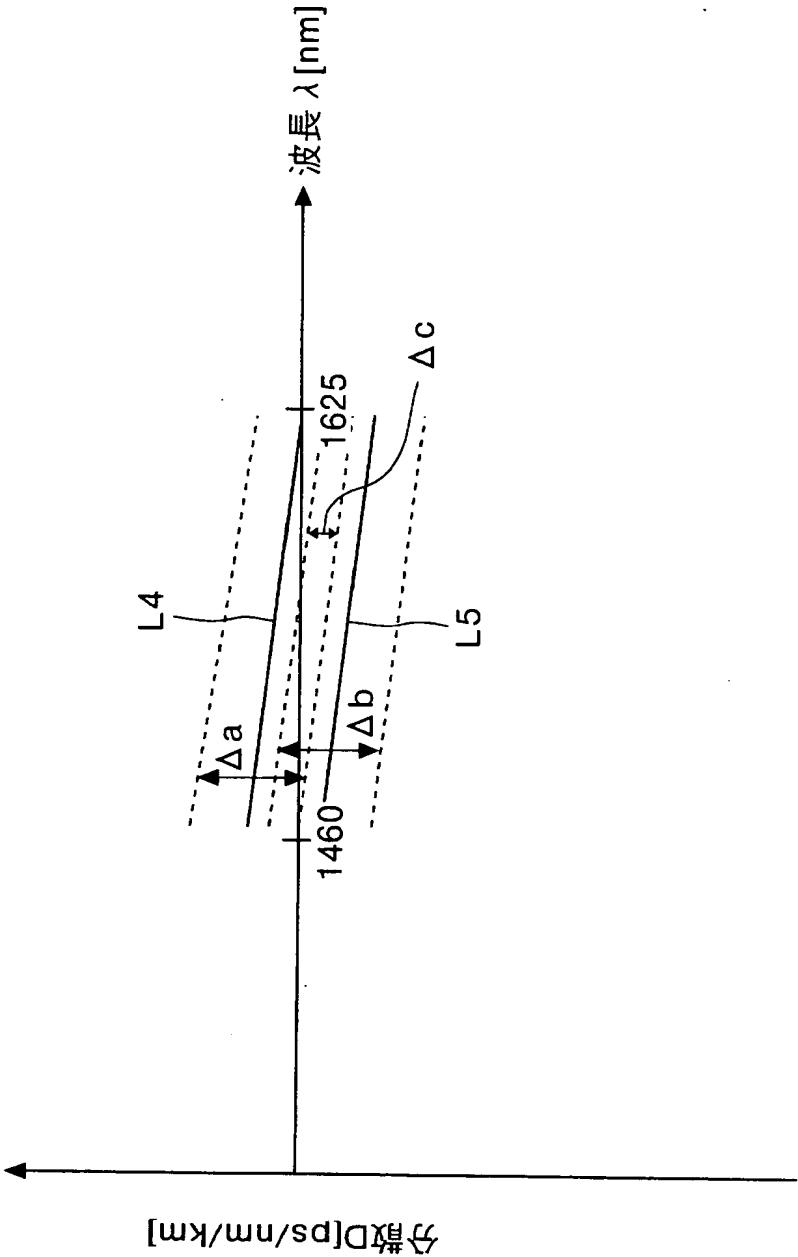
【図 4】



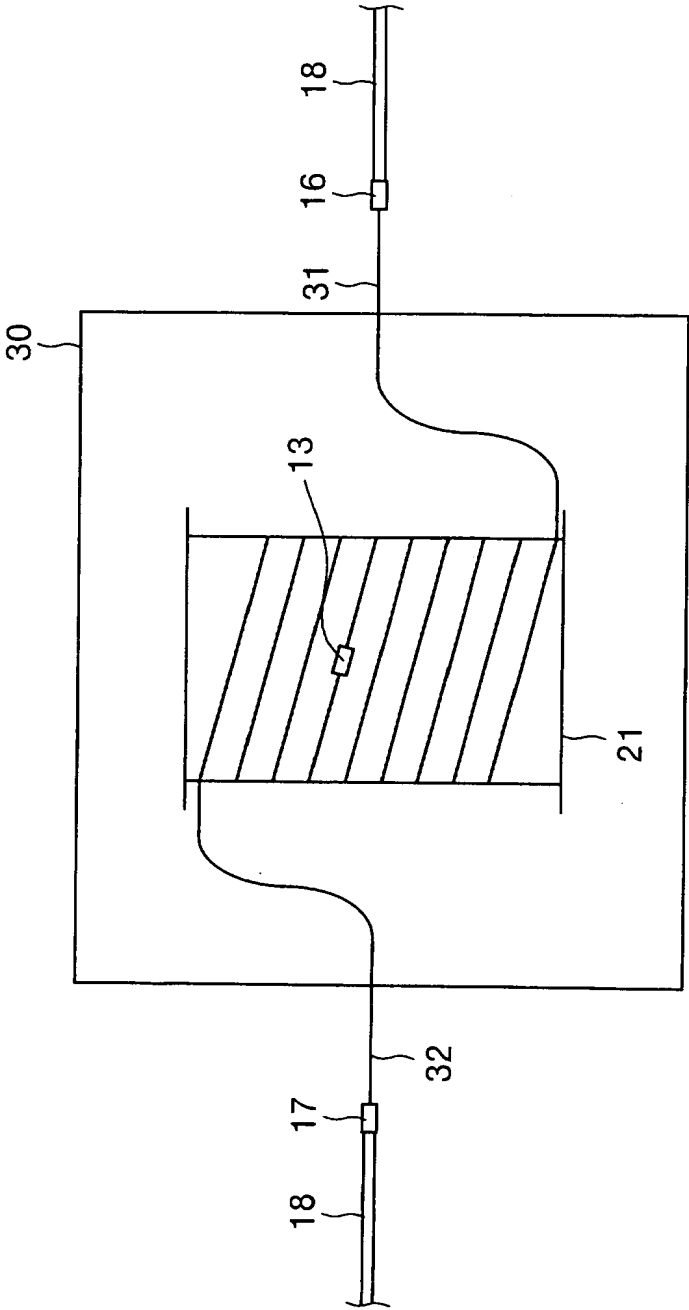
【図 5】



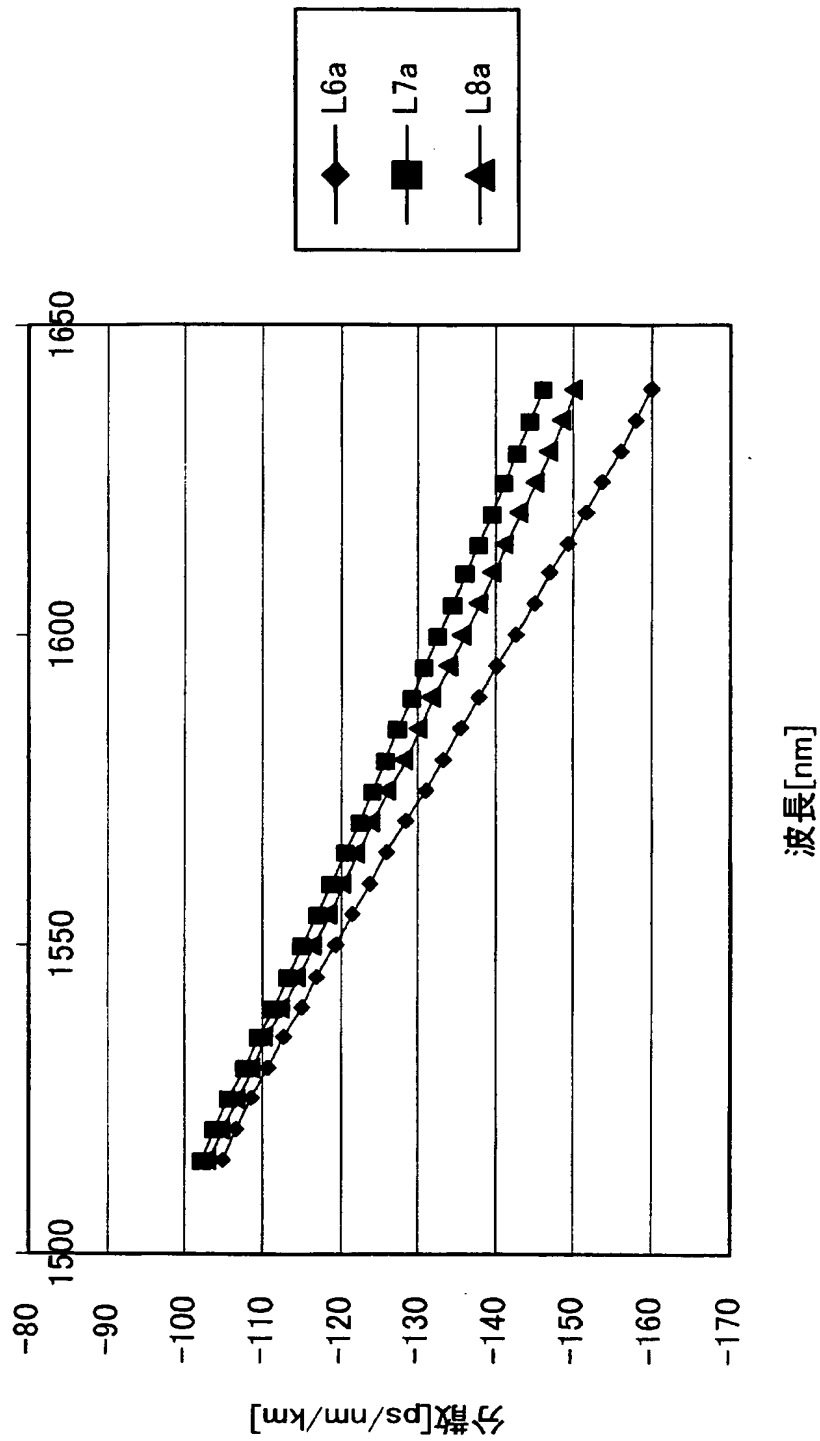
【図 6】



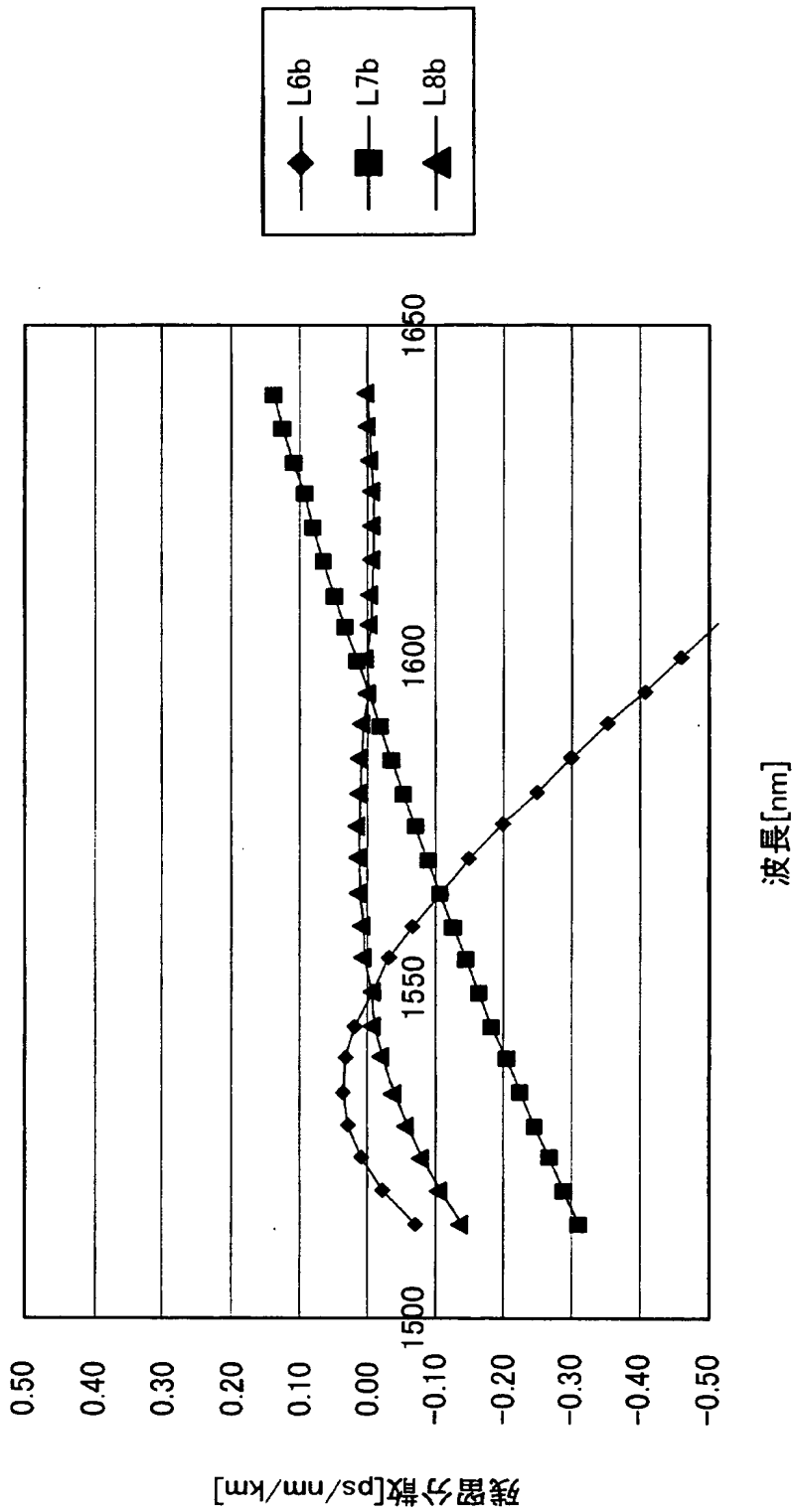
【図 7】



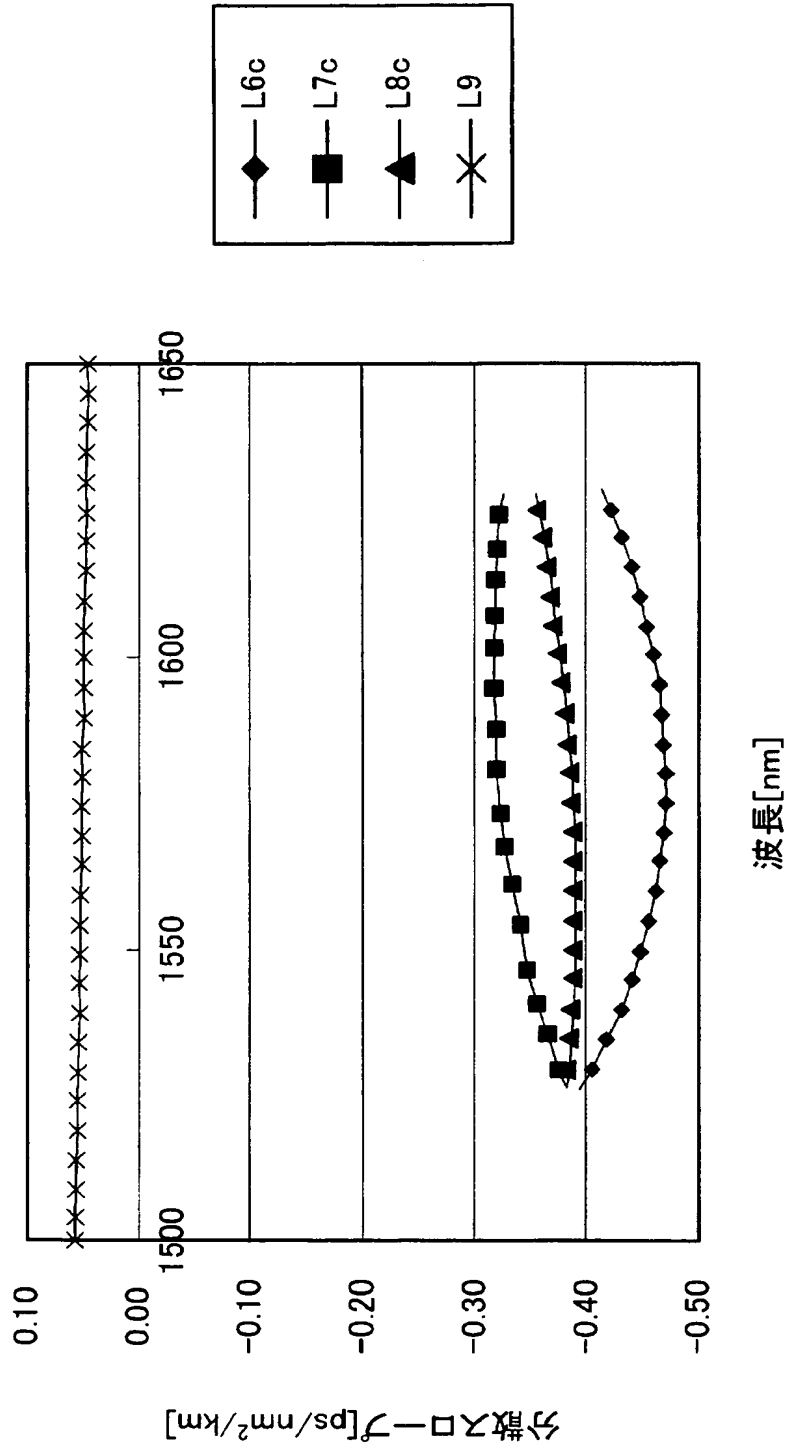
【図 8】



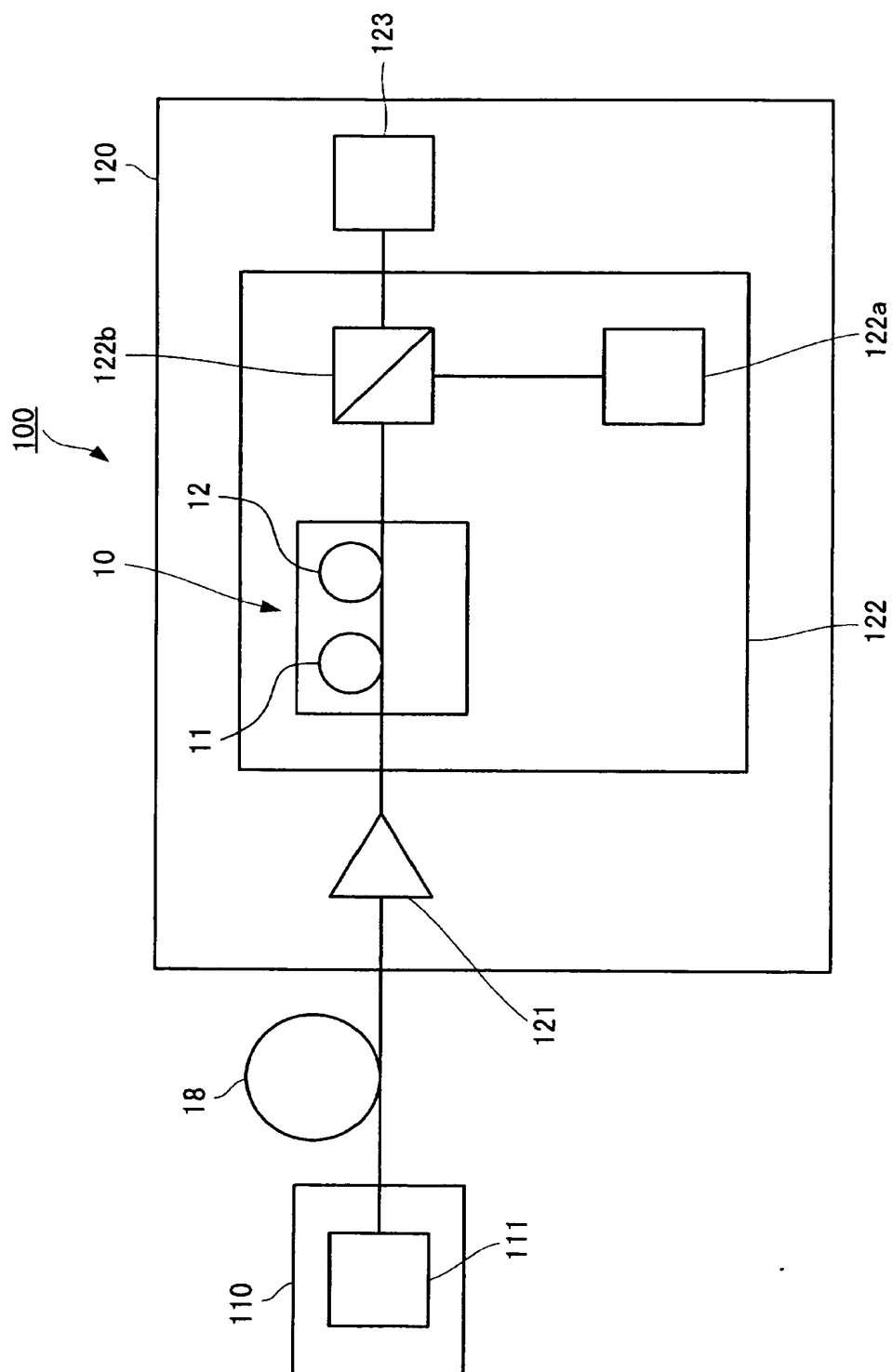
【図 9】



【図 1 0】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分散補償後の伝送路における残留波長分散のばらつきを抑制し、高速化されたWDM伝送における伝送路の分散補償を実現する分散補償モジュールを提供すること、および複数の波長帯域での伝送に適した分散補償モジュールを提供すること。

【解決手段】 伝送用光ファイバに累積される信号波長帯の分散および分散スロープを補償する少なくとも2本の分散補償ファイバを有する分散補償モジュールであって、分散値 D_1 [$\text{ps}^2/\text{nm}/\text{km}$] および分散スロープ S_1 [$\text{ps}^3/\text{nm}^2/\text{km}$] を有する分散補償ファイバ11と、分散値 D_1 と異なる分散値 D_2 [$\text{ps}^2/\text{nm}/\text{km}$] および分散スロープ S_1 と異なる分散スロープ S_2 [$\text{ps}^3/\text{nm}^2/\text{km}$] を有する分散補償ファイバ12と、分散補償ファイバ11, 12を直列に接続する接続部13と、を備える。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 6 4 2 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 9 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

氏 名

古河電気工業株式会社